

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УМР

_____ Е.В. Коновалова

16 июня 2022 г., протокол УС №6

МОДУЛЬ ДИСЦИПЛИН ПРОФИЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Вычислительная гидродинамика и теплообмен рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	Прикладной математики
Учебный план	b010302-ПМ-22-4.plx Направление 01.03.02 ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА Направленность (профиль): Прикладная математика и информатика
Квалификация	бакалавр
Форма обучения	очная
Общая трудоемкость	5 ЗЕТ

Часов по учебному плану	180	Виды контроля в семестрах: экзамены 7
в том числе:		
аудиторные занятия	64	
самостоятельная работа	80	
часов на контроль	36	

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	17 3/6			
Неделя	уп	рп	уп	рп
Лекции	32	32	32	32
Практические	32	32	32	32
Итого ауд.	64	64	64	64
Контактная работа	64	64	64	64
Сам. работа	80	80	80	80
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

Старший преподаватель, Бычин И.В.; к.ф.-м.н., Доцент, Гореликов А.В.

Рабочая программа дисциплины

Вычислительная гидродинамика и теплообмен

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (приказ Минобрнауки России от 10.01.2018 г. № 9)

составлена на основании учебного плана:

Направление 01.03.02 ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА

Направленность (профиль): Прикладная математика и информатика

утвержденного учебно-методическим советом вуза от 16.06.2022 протокол № 6.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Прикладной математики

Зав. кафедрой Доцент кафедры прикладной математики, к.ф.-м.н. Гореликов А.В.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Формирование у обучающихся знаний основ теории, методов и приложений вычислительной гидродинамики и теплообмена. Формирование у обучающихся способности осуществлять проведение научно-исследовательских разработок в области математического моделирования гидродинамики и теплообмена и оформлять результаты исследований.
-----	--

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.01
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Физика
2.1.2	Основы программирования
2.1.3	Информатика
2.1.4	Алгебра и геометрия
2.1.5	Теория вероятностей и математическая статистика
2.1.6	Алгоритмы и методы программирования
2.1.7	Уравнения математической физики
2.1.8	Функциональный анализ
2.1.9	Программирование на FORTRAN
2.1.10	Численные методы
2.1.11	Тензорное исчисление
2.1.12	Вариационное исчисление и интегральные уравнения
2.1.13	Математический анализ
2.1.14	Основы проектной деятельности
2.1.15	Компьютерная графика
2.1.16	Разработка программного обеспечения в ОС Linux
2.1.17	Дифференциальные уравнения
2.1.18	Объектно-ориентированное программирование
2.1.19	Программирование на СИ
2.2	Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Производственная практика, научно-исследовательская работа
2.2.2	Основы математического моделирования
2.2.3	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.4	Производственная практика, преддипломная практика

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**ПК-2.1: Понимает и анализирует цели и задачи научно-исследовательских разработок****ПК-2.2: Проводит научно-исследовательские разработки по отдельным разделам темы проекта****ПК-2.3: Составляет отчеты по результатам исследований и разработок и оценивает полученные результаты**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основы математического аппарата и приложения вычислительной гидродинамики и теплообмена в научно-технической сфере; основные математические модели теплообмена и гидродинамики;
3.1.2	метод контрольного объема, основные численные схемы и алгоритмы решения задач вычислительной гидродинамики и теплообмена.
3.2	Уметь:
3.2.1	анализировать цели и задачи научно-исследовательской работы, проводить научно-исследовательские разработки по отдельным разделам темы проекта методами вычислительной гидродинамики и теплообмена;
3.2.2	составлять отчеты по результатам исследований и разработок, оценивать полученные результаты.
3.3	Владеть:
3.3.1	навыками разработки и использования прикладного программного обеспечения для математического моделирования конвективно-диффузионного теплообмена.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Примечание
	Раздел 1. Численное решение задач теплопроводности					
1.1	Введение: Предмет "Вычислительная гидродинамика и теплообмен". Приложения вычислительной гидродинамики (computational fluid dynamics, CFD) в науке и технике. Уравнение теплопроводности (диффузии). Граничные и начальные условия. Численное решение уравнения диффузии методом контрольного объема: процедура дискретизации; выбор координат; независимые переменные; односторонние и двухсторонние координаты; баланс потоков на границах контрольного объема; положительность коэффициентов дискретного аналога; отрицательность коэффициента при линеаризации источникового члена; сумма соседних коэффициентов; стационарная одномерная теплопроводность; коэффициент теплопроводности на границах контрольного объема; линеаризация источникового члена; аппроксимация граничных условий, методы решения СЛАУ; нестационарная одномерная теплопроводность; явная схема; схема Кранка-Николсона; полностью неявная схема; дискретный аналог для двумерной задачи теплопроводности; метод переменных направлений; метод верхней и нижней релаксации; критерий Скарбороу. /Лек/	7	10	ПК-2.2 ПК-2.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.3 Э1 Э2 Э3	

1.2	<p>Численное решение начально-краевых задач для уравнения теплопроводности. Анализ цели и задачи научно-исследовательской работы по теме учебного проекта "Численное решение начально-краевых задач для уравнения теплопроводности".</p> <p>Проведение научно-исследовательской работы по теме учебного проекта. Отчет по результатам исследований и разработок по теме учебного проекта. Оценка полученных результатов исследований и разработок по теме учебного проекта. /Пр/</p>	7	10	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3	
1.3	<p>Уравнение теплопроводности (диффузии). Граничные и начальные условия.</p> <p>Численное решение уравнения диффузии методом контрольного объема: процедура дискретизации; выбор координат; независимые переменные; односторонние и двухсторонние координаты; баланс потоков на границах контрольного объема; положительность коэффициентов дискретного аналога; отрицательность коэффициента при линеаризации источникового члена; сумма соседних коэффициентов; стационарная одномерная теплопроводность; коэффициент теплопроводности на границах контрольного объема; линеаризация источникового члена; аппроксимация граничных условий, методы решения СЛАУ; нестационарная одномерная теплопроводность; явная схема; схема Кранка-Николсона; полностью неявная схема; дискретный аналог для двумерной задачи теплопроводности; метод переменных направлений; метод верхней и нижней релаксации; критерий Скарбороу.</p> <p>Анализ цели и задачи научно-исследовательской работы по теме учебного проекта "Численное решение начально-краевых задач для уравнения теплопроводности".</p> <p>Проведение научно-исследовательской работы по теме учебного проекта. Отчет по результатам исследований и разработок по теме учебного проекта. Оценка полученных результатов исследований и разработок по теме учебного проекта. /Ср/</p>	7	20	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.3 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3	
1.4	/Контр.раб./	7	0	ПК-2.2	Л1.1 Л1.2 Л1.3	
	Раздел 2. Численное решение задач конвективного теплообмена и гидродинамики					

2.1	<p>Уравнение неразрывности. Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости. Уравнение переноса тепла в жидкости (задача конвективно-диффузионного теплообмена). Граничные и начальные условия. Численное решение задач конвективно-диффузионного теплообмена и системы уравнений гидродинамики вязкой несжимаемой жидкости методом контрольного объема: стационарная одномерная задача конвективно-диффузионного теплообмена; точное решение; схема против потока; экспоненциальная схема; комбинированная схема; схема со степенным законом; дискретный аналог для двумерных задач; расчет поля течения; поправки скорости и давления; уравнение для поправки давления; алгоритм SIMPLE; граничные условия для уравнения поправки давления; итерационный характер методики расчета; области с неправильной геометрией; регулярная сетка с заблокированными областями. /Лек/</p>	7	22	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.2 Э1 Э2 Э3
2.2	<p>Численное решение начально-краевых задач конвективного теплообмена. Анализ цели и задачи научно-исследовательской работы по теме учебного проекта "Численное решение начально-краевых задач конвективного теплообмена". Проведение научно-исследовательской работы по теме учебного проекта. Отчет по результатам исследований и разработок по теме учебного проекта. Оценка полученных результатов исследований и разработок по теме учебного проекта. /Пр/</p>	7	22	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1Л3.1 Э1 Э2 Э3

2.3	<p>Уравнение неразрывности. Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости. Уравнение переноса тепла в жидкости (задача конвективно-диффузионного теплообмена). Граничные и начальные условия. Численное решение задач конвективно-диффузионного теплообмена и системы уравнений гидродинамики вязкой несжимаемой жидкости методом контрольного объема: стационарная одномерная задача конвективно-диффузионного теплообмена; точное решение; схема против потока; экспоненциальная схема; комбинированная схема; схема со степенным законом; дискретный аналог для двумерных задач; расчет поля течения; поправки скорости и давления; уравнение для поправки давления; алгоритм SIMPLE; граничные условия для уравнения поправки давления; итерационный характер методики расчета; области с неправильной геометрией; регулярная сетка с заблокированными областями. Численное решение начально-краевых задач конвективного теплообмена. Анализ цели и задачи научно-исследовательской работы по теме учебного проекта "Численное решение начально-краевых задач конвективного теплообмена". Проведение научно-исследовательской работы по теме учебного проекта. Отчет по результатам исследований и разработок по теме учебного проекта. Оценка полученных результатов исследований и разработок по теме учебного проекта. /Ср/</p>	7	60	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Э1 Э2 Э3	
2.4	Экзамен /Экзамен/	7	36	ПК-2.1 ПК-2.2 ПК-2.3	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.5Л3.1 Э1 Э2 Э3	Контрольная работа

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания

Представлено отдельным документом

5.2. Темы письменных работ

Представлено отдельным документом

5.3. Фонд оценочных средств

Представлено отдельным документом

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
--	---------------------	----------	-------------------	----------

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Аникеев А. А., Молчанов А. М., Яньшев Д. С.	Основы вычислительного теплообмена и гидродинамики: [учебное пособие]	М.: URSS, 2010	10
Л1.2	Кудинов И. В.	Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях	Москва: Лань", 2015, электронный ресурс	1
Л1.3	Павловский В. А., Никущенко Д. В.	Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы	Санкт-Петербург: Лань, 2018, электронный ресурс	1
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Зубков П. Т.	Математические методы в теплопереносе. Ч. 2: Курс лекций для студ. 4 и 5 курсов спец. "Прикл. мат."	Сургут: Изд.центр СурГУ, 1998	7
Л2.2	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П.	Гидродинамика: Учебное пособие	М.: Физматлит, 2001	8
Л2.3	Самарский А. А., Михайлов А. П.	Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры	Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005, электронный ресурс	1
Л2.4	Фалькович Г.	Современная гидродинамика	Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2014, электронный ресурс	1
Л2.5	Кудинов А. А.	Тепломассообмен: Учебное пособие	Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2015, электронный ресурс	1
6.1.3. Методические разработки				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л3.1	Гореликов А. В., Ряховский А. В.	Практикум на ЭВМ: для студентов старших курсов специальности "Прикладная математика и информатика": учебное пособие	Сургут: Издательский центр СурГУ, 2010 электронный ресурс	64
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"				
Э1	Научная электронная библиотека			
Э2	Государственная публичная научно-техническая библиотека России (ГПНТБ России)			
Э3	Общероссийский математический портал Math-Net.Ru			
6.3.1 Перечень программного обеспечения				
6.3.1.1	Свободное программное обеспечение:			
6.3.1.2	Операционная система Linux;			
6.3.1.3	Компиляторы gfortran;			
6.3.1.4	Интегрированная среда разработки Eclipse;			
6.3.1.5	Отладчики gdb;			
6.3.1.6	Программное обеспечение для визуализации Gnuplot, Paraview;			
6.3.1.7	Libre office.			
6.3.2 Перечень информационных справочных систем				
6.3.2.1	«Национальная электронная библиотека» нэб.рф			
6.3.2.2	Гарант-информационно-правовой портал. http://www.garant.ru/			
6.3.2.3	КонсультантПлюс – надежная правовая поддержка. http://www.consultant.ru/			

6.3.2.4	Электронные книги Springer Nature (Science, Technology and Medicine Collections) https://link.springer.com/
---------	--

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения (доска, экран (стационарный или переносной), проектор (стационарный или переносной)). Учебные аудитории
7.2	для проведения практических занятий - компьютерный класс, оборудованный техникой (персональные компьютеры, локальная вычислительная сеть с выходом в глобальную сеть Internet и доступом в электронную информационно-образовательную среду организации) из расчета один компьютер на одного обучающегося, с обустроенным рабочим местом преподавателя.
7.3	Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечения доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.